

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 09 DEC 1998

WIPO PCT



09/622652

EU

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

DE 98/02885

Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine
Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Übertragung von optischen
Nutzsignalen und optisches Leitungsnetzwerk"

am 20. Februar 1998 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole H 04 L und H 04 B der Internationalen Patentklassifika-
tion erhalten.

München, den 9. September 1998

Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

Wehner

Aktenzeichen: 198 07 069.1

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

**Verfahren zur Übertragung von optischen Nutzsignalen und
optisches Leitungsnetzwerk**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von optischen Nutzsignalen in einer optischen Übertragungseinrichtung mit optischen Leitungswegen. Die Erfindung betrifft ferner ein optisches Leitungsnetzwerk.

5

Optische Glasfaserleitungen haben sich zur verlustarmen Übertragung von Informationen mit einer hohen Informationsdichte als besonders geeignet herausgestellt. Üblicherweise in elektrischer Form vorliegende Informationssignale werden beispielsweise mit Leuchtdioden oder Laserdioden in optische Signale umgewandelt und in eine entsprechende optische Faserleitung eingekoppelt. An geeigneten Stellen des Leitungsnetzes wird das Signal beispielsweise mit einer Fotodiode detektiert und wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt, als das es in üblicher Form weiterverarbeitet werden kann. Diese Signalübertragung eignet sich für Überwindung großer Entfernung. In geeigneten Abständen sind in die entsprechenden Leitungen Verstärker und/oder Regeneratoren eingesetzt, die sicherstellen sollen, daß das Signal in gut empfangbarer Form an der beispielsweise durch eine Fotodiode gebildeten Signalsenke ankommt. Wie bei den elektrischen Netzen ist es erforderlich, Knoten vorzusehen, durch die Signale an einen bestimmten gewünschten Empfänger geleitet werden und durch die es ermöglicht wird, für einen Haupt-Leitungsweg einen Ersatzweg vorzusehen, falls die Übertragung auf dem Haupt-Leitungsweg ge-

10

15

20

25

stört werden sollte. Durch entsprechend vorgesehene Bytes in einem Overhead des zu übertragenden Nutzsignals können auch automatische Ersatzleitungsschaltungen vorgenommen werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß die Schaltung eines Ersatzweges nur innerhalb eines festgelegten Übertragungsstandards für die Nutzsignale möglich ist und daß in dem bekannten System eine optoelektronische Wandlung des Signals an den Enden der mit einem Ersatzweg geschützten Strecke erforderlich ist. Diese Enden fallen nicht notwendigerweise mit den Quellen/Senken der Nutzsignale zusammen.

Durch die EP 0 440 276 B1 ist es bekannt, außerhalb des Nutzsignalbands dem Nutzsignal ein Kommunikationssignal mittels optischen Kopplern hinzuzufügen. Damit können Steuer- und Befehlssignale zwischen Knoten der Übertragungseinrichtung übertragen werden. Während die Übertragung der Nutzsignale in dem sogenannten "dritten Fenster" erfolgt, ist für die Übertragung der Kommunikationssignale das "zweite Fenster" vorgesehen worden. Die "Fenster" ergeben sich aus den Dämpfungseigenschaften des Glasfasermaterials für bestimmte Wellenlängenbereiche. In dem "dritten Fenster" ist die Dämpfung minimal, während das "zweite Fenster" durch ein anderes Dämpfungsminimum gebildet ist, in dem jedoch die niedrigen Dämpfungswerte des "dritten Fensters" nicht erreicht werden. Für Servicekommunikationen an dem Leitungsnetz steht somit ein eigenes Übertragungsband zur Verfügung.

Ein nicht vorveröffentlichtes Konzept der Anmelderin sieht vor, auf den aneinander anschließenden Leitungswegen eines optischen Pfades zwischen Signalquelle und -senke und ggf. auf einzelnen Leitungsabschnitten der Leitungswege bidirektionale Prüfsignale zu übermitteln, deren Empfang oder Nichtempfang als Indikator für eine Leitungsstörung auf einem Leitungsabschnitt gewertet wird. Durch eine Unterbindung der Aussendung des Prüfsignals in der Gegenrichtung kann stromaufwärts in Übertragungsrichtung ein Alarm gegeben oder eine Umschaltung eines Knotens auf einen Ersatzweg ausgelöst werden. Die auf

diese Weise mögliche dezentrale Umschaltung auf Ersatz-Leitungswege lässt sich um Größenordnungen schneller durchführen als über eine zentrale Steuerung. Dieser Vorteil ist allerdings mit dem Problem verknüpft, daß bereits geringfügige, vorhersehbare Störungen Umschaltvorgänge auslösen und dadurch Ersatz-Leitungswege beaufschlagen, die gar nicht benötigt werden oder gar nicht hilfreich sein können, so daß die Ersatz-Leitungswege besser für eine Kommunikation mit niedrigerer Priorität oder als Schutzmaßnahme für einen anderen Regel-Leitungs weg verwendet werden sollten. Insbesondere wird auch nicht verhindert, daß Umschaltvorgänge auf einem optischen Pfad stattfinden, der aufgrund einer detektierten Störung sowieso nicht mehr brauchbar ist, so daß unnötige Umschaltvorgänge und damit eine unnötige Belegung von Ersatz-Leitungswe-
gen stattfindet.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Problemstellung zugrunde, eine schnelle Umschaltung auf Ersatz-Leitungswege zu ermöglichen, zugleich jedoch fruchtlose Umschaltvorgänge zu vermeiden.

Zur Lösung dieses Problems ist erfindungsgemäß ein Verfahren ~~zur optischen Übertragung der eingangs erwähnten Art durch~~ folgende Merkmale gekennzeichnet:

25 - Mittels Signalquellen und Signalsenken werden die optischen Nutzsignale in die Leitungswege eingekoppelt bzw. aus ihnen ausgekoppelt;

30 - wenigstens ein Teil der optischen Leitungswege werden als Regel-Leitungswege mit Koppelknoten ausgebildet, über die eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungs weg vorgenommen werden kann, wenn ein Regel-Leitungs weg gestört ist;

35 - neben den optischen Nutzsignalen werden abschnittsweise Prüfsignale bidirektional übertragen, deren Auswertung zur Umschaltung zwischen Leitungswegen benutzt wird;

- es sind wenigstens zwei Arten von Prüfsignalen übertragbar, von denen eine erste Art als Indikator für einen intakten Leitungsweg und eine zweite Art als Indikator für einen gestörten Leitungsweg verwendet wird und

5 - eine etwaige Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg wird nur vorgenommen, wenn vor der Detektion einer Störung ein Prüfsignal der ersten Art auf dem Regel-Leitungsweg übertragen worden war.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren besteht somit darin, daß Prüfsignale wenigstens zweier Arten erzeugt werden und daß die Umschaltung nicht nur von dem Fehlen eines Prüfsignals - als Indikator einer Störung - abhängt sondern auch von der Art des 15 vorher empfangenen Prüfsignals. Dadurch ermöglicht die Erfindung, gezielt Umschaltvorgänge zu vermeiden, indem über einen Leitungsweg Prüfsignale der zweiten Art übertragen werden, weil diese Prüfsignale der zweiten Art Schutzmaßnahmen, wie Umschaltungen, auf dem Leitungsweg verhindern. Durch die Übertragung eines Prüfsignals der zweiten Art können beispielsweise Umschaltvorgänge in einem optischen Pfad vermieden werden, der aufgrund einer bereits detektierten Störung aktuell nicht mehr benutzbar ist. Ferner ermöglicht die Erfindung von einer übergeordneten Steuerung die Einspeisung des Prüfsignals der zweiten Art vorzunehmen und so für vorhersehbare Störungerscheinungen, beispielsweise bei der Zuschaltung eines weiteren Nutzsignalkanals im Netz, die erfahrungsgemäß kurzfristige Störsignale in den vorhandenen Nutzsignalkanälen verursacht, zu vermeiden.

30 Die Erfindung ermöglicht somit die schnelle dezentrale Umschaltung von Koppelknoten bei gleichzeitiger Kontrolle der Sinnhaftigkeit einer solchen Umschaltung und gleichzeitiger Vermeidung von fruchtlosen Umschaltungen.

35 Für die Durchführung der Erfindung werden zweckmäßigerweise an den Enden jedes Leitungsabschnitts Prüfsignalknoten vorgesehen.

hen, durch den jeweils Prüfsignale empfangen und neue Prüfsignale gebildet und ausgesandt werden oder Prüfsignale lediglich weitergeleitet werden.

5. Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die Prüfsignal-knoten je nach der aktuellen Konfiguration eines optischen Pfades manchmal einen Leitungsabschnitt, der gleichzeitig ein Prüfsignalabschnitt ist, begrenzen und manchmal innerhalb eines Prüfsignalabschnitts keine die Prüfsignale beeinflussen-de Funktion ausüben sollen. In einer bevorzugten Ausführungs-form der Erfindung werden die Prüfsignal-knoten im wesentlichen gleich aufgebaut und durch Software als Durchgangsknoten, Ein-setzknoten oder Endknoten konfiguriert. In einem Einsetzknoten werden Prüfsignale in beiden Übertragungsrichtungen empfangen, 10 ausgewertet, neu generiert und ausgesandt. Ein Endknoten be-findet sich an einer Signalsenke oder Signalquelle und ist daher nur vom Endknoten aus gesehen in einer Richtung für Empfang und Aussenden wirksam. Ein Durchgangsknoten verändert 15 die empfangenen Prüfsignale nicht, kann aber feststellen, wenn ein Prüfsignal nicht empfangen wird, da er in diesem Fall vor-zugsweise ein besonderes Prüfsignal, vorzugsweise einer drit-20 ten Art, produziert und aussendet.

25 Zur Vermeidung von Umschaltvorgängen auf einem wegen einer detektierten Störung nicht mehr benutzbaren optischen Pfad ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgese-hen, daß aus mehreren aneinander anschließenden Leitungswegen 30 ein optischer Pfad zwischen zwei Signalquellen bzw. -senken gebildet wird und bei einer erkannten Störung auf einem Lei-tungsweg auf allen anderen Leitungswegen des optischen Pfades ein Prüfsignal der zweiten Art übermittelt wird.

35 Wenn die Prüfsignal-knoten ein Prüfsignal einer dritten Art erkennen, oder wenn an dem Prüfsignal-knoten überhaupt kein Prüfsignal empfangen wird, wird eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg nur dann vorgenommen, wenn ein Übergang von

dem Prüfsignal der ersten Art zum Prüfsignal der dritten Art detektiert wird.

5 Die Prüfsignalknoten sind zweckmäßigerweise signalmäßig mit einer übergeordneten Steuerung verbunden, die auch die Konfiguration der Prüfsignalknoten im Einzelfall steuert. Die übergeordnete Steuerung kann dezentral durch Steuerungen der dem Prüfsignalknoten nächstgelegenen Koppelknoten gebildet werden.

10 Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung liegt in Kommunikationsnetzen, in denen die Übertragung der optischen Nutzsignale ebenfalls bidirektional erfolgt, wobei die Übertragung der optischen Nutzsignale in den beiden Übertragungsrichtungen über separate optische Leitungsfasern erfolgen
15 kann.

Die erfindungsgemäßen Prüfsignale werden vorzugsweise zusammen mit den in der betreffenden Richtung übertragenen Nutzsignalen übertragen.

20 Im allgemeinen werden auf optischen Leitungsfasern mehrere Nutzsignale im Multiplex-Verfahren, vorzugsweise im Wellenlängen-Multiplex, übermittelt. Dabei wird vorzugsweise jedem übertragenen Nutzsignal ein eigenes Prüfsignal zugeordnet und 25 in einem separaten Prüfsignalkanal übertragen. Die Prüfsignale werden zweckmäßigerweise elektrisch im Zeitmultiplex-Verfahren kombiniert und dann den Nutzsignalen optisch im Wellenlängenmultiplex hinzugefügt.

30 Zur Lösung der oben erwähnten Problemstellung dient erfindungsgemäß ferner ein optisches Leitungsnetzwerk mit folgenden Merkmalen:

35

- zwischen optischen Signalquellen/-senken sind optische Pfade angeordnet,

- die optischen Pfade bestehen aus aneinander anschließenden Leitungswegen,

- die Leitungswägen sind über Koppelknoten miteinander verbunden

5 - einige der Leitungswägen sind als Regel-Leitungswägen durch Umschaltung von Koppelknoten auf Ersatz-Leitungswägen überbrückbar,

10 - alle Leitungswägen und ggf. als Teil der Leitungswägen bestehende Leitungsschnitte sind jeweils durch Prüfsignalknoten begrenzt,

15 - die Prüfsignalknoten weisen in beiden Leitungsrichtungen Prüfsignalempfänger und Prüfsignalsender auf,

20 - die Prüfsignalknoten sind mit einem Prüfsignalgenerator und einer Steuerung des Prüfsignalgenerators zur Erzeugung wenigstens zweier verschiedener Arten von Prüfsignalen in Abhängigkeit von dem durch die Prüfsignalempfänger empfangenen Prüfsignale versehen und

25 - eine Steuerung für die Koppelknoten ist zur Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg nur dann eingerichtet, wenn eine Störung eines Regel-Leitungswegs im Anschluß an eine bestimmte Art des Prüfsignals detektierbar ist.

30 - vorzugsweise ist dabei die Steuerung Teil des zugehörigen Koppelknotens.

35 Die Prüfsignalknoten sind vorzugsweise zum Aussenden dreier Arten von Prüfsignalen ausgebildet und können an den Prüfsignalempfängern vier verschiedene Zustände detektieren, nämlich den Empfang der drei Prüfsignale und einen Nichtempfang eines Prüfsignals, indem mit einem Prüfsignaldetektor z.B. ein Unterschreiten eines Pegels des Prüfsignals oder eine nicht

ausreichende Flankensteilheit oder eine völlig falsche Checksumme als eine Störung detektiert und ein entsprechendes Störungskennsignal generiert wird. Mit dem Störungskennsignal kann eine Alarmgabeeeinrichtung ausgelöst werden.

5.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Es zeigen:

10 Figur 1 - eine schematische Darstellung eines optischen Pfades bestehend aus aneinander gereihten Regel-Leitungs wegen mit einem Ersatz-Leitungs weg

15 Figur 2 - eine Darstellung gemäß Figur 1 für ein anderes Ausführungsbeispiel eines optischen Pfades mit Regel- und Ersatz-Leitungs wegen

20 Figur 3 - eine schematische Darstellung des Prinzipaufbaus eines Prüfsignalknotens

25 Figur 4 - ein Flußdiagramm für die Bildung von Prüfsignalen für die Prüfsignalsender eines Prüfsignal knotens in Abhängigkeit von den von den Prüf signalempfängern empfangenen Prüfsignalen.

25

Figur 1a zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen optischen Pfad OP zwischen zwei Sendern/Empfängern TxRx, die jeweils mit Schaltungspunkte 1 und 6 bildenden Prüfsignalknoten LS1, LS6 verbunden sind. Ein erster Koppelknoten OCC1 ist an den Sender/Empfänger TxRx am Schaltungspunkt 1 angeschlossen. Bezuglich des dargestellten optischen Pfads weist der erste Knoten OCC1 an seinem vom Schaltungspunkt 1 abgewandten Ausgang einen Prüfsignalknoten LS2 am Schaltungspunkt 2 auf. Es schließt sich ein Leitungsweg 2-3 an, der am Schaltungspunkt 3 in einen Prüfsignalknoten LS3 endet. Daran schließt sich ein zweiter Koppelknoten OCC2 an, der eine Verzweigung ermöglicht und zwei

5 Anschlüsse an Leitungspunkten 4 und 7 aufweist, an denen sich Prüfsignalknoten LS4 und LS7 befinden. Der Leitungspunkt 4 bildet mit einem entfernten Leitungspunkt 5 einen Regel-Leitungsweg 4-5, der an einem Prüfsignalknoten LS5 mit einem nachfolgenden vierten Koppelknoten OCC4 endet. Dieser Koppelknoten weist einen weiteren Anschluß an einem Leitungspunkt 10 mit einem Prüfsignalknoten LS10 auf, an der ein Ersatz-Leitungsweg 7-10 endet. In den Ersatz-Leitungsweg ist dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein dritter Koppelknoten OCC3 10 eingeschaltet, der beidseitig an Leitungspunkten 8 und 9 mit Prüfsignalknoten LS8, LS9 versehen ist.

Das andere Ende des vierten Koppelknotens OCC4 ist mit dem den optischen Pfad abschließenden Sender/Empfänger TxRx mit dem Prüfsignalknoten LS6 verbunden.

Figur 1b verdeutlicht die sich daraus ergebenden optischen Leitungsabschnitte 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 7-8, 8-9, 9-10, wobei die Leitungsabschnitte zwischen den Leitungspunkten 7 20 und 10 einen Ersatz-Leitungsweg für den Regel-Leitungsweg 4-5 bilden.

Figur 1c verdeutlicht, daß für die Überwachung dieser Leitungskonfiguration für den Fall eines funktionierenden Regelwegs 4-5 nur drei Prüfschnitte 1-3, 3-6, 7-10 benötigt werden, so daß die Prüfsignalknoten LS2, LS4, LS5, LS8 und LS9 25 als Durchgangsknoten konfiguriert werden können, die ein Prüfsignal nicht bearbeiten, sondern lediglich durchleiten müssen.

30 Die Prüfsignalabschnitte werden mit folgenden Regeln gebildet:

- an allen Quellen und Senken S/D von Nutzsignalen beginnt und endet immer ein Prüfsignalabschnitt
- am Beginn und Ende einer passiven Übertragungsstrecke beginnt/endet immer ein Prüfsignalabschnitt

am Beginn/Ende eines mit einem Ersatz-Leitungsweg geschützten Regel-Leitungswegs beginnt/endet immer ein Prüfsignalabschnitt. Der optische Abschnitt im Knoten am Beginn/Ende eines Prüfsignalabschnitts bildet eine Einheit mit dem Prüfsignalabschnitt der entsprechenden aktiven Übertragungsstrecke.

Alle jeweils nicht am Ende eines Prüfsignalabschnitts benötigten Prüfsignalknoten werden als Durchgangsknoten konfiguriert, d.h. das Prüfsignal wird lediglich durchgeleitet.

Wird nun auf dem Prüfabschnitt 1-3 das Fehlen eines Prüfsignals LS festgestellt, steht kein Ersatzweg zur Verfügung, so daß ein Alarm an eine zentrale Netzwerksteuerung (Telecommunication Management Network) gegeben wird. Auf den Leitungsfall muß der Bediener der Netzwerksteuerung reagieren.

Fällt hingegen das Prüfsignal auf dem Regel-Leitungsweg 3-6 aus, werden die Koppelknoten OCC2 und OCC4 zur Umschaltung veranlaßt und die Prüfsignalknoten neu konfiguriert, so daß nunmehr die Prüfsignalknoten LS4 und LS5 zur Überprüfung der Reparatur des Prüfabschnitts 4-5 als Einsatzknoten konfiguriert werden, während die bisher als Einsatzknoten wirksamen

Prüfsignalknoten LS7 und LS10 als Durchgangsknoten konfiguriert werden können. Der Prüfabschnitt 3-6 bildet jetzt den aktiven Ersatz-Leitungsweg, während der Regel-Leitungsweg 4-5 nicht mehr benutzt wird.

Figur 2a zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel für einen optischen Pfad OP zwischen zwei Sendern/Empfängern TxRx mit Prüfsignalknoten LS1', LS6' an Leitungspunkten 1', 6'. Ein erster Koppelknoten OCC1' bildet eine Verzweigung zu zwei Leitungspunkten 2', 7' mit zugehörigen Prüfsignalknoten LS2', LS7'. Ein zweiter Koppelknoten OCC2' ist als Kreuzweiche zwischen Regel-Leitungswegen 1'-4', 3'-6' und Ersatz-Leitungswegen 7'-8', 9'-10' angeordnet und weist vier Anschlüsse an

den Schaltungspunkten 3', 4', 8', 9' mit Prüfsignalknoten LS3', LS4', LS8', LS9' auf.

5 Ein dritter Koppelknoten OCC3' führt die beiden Leitungswege, die an Leitungspunkten 5', 10' mit Prüfsignalknoten LS5', LS10' ankommen, zum Leitungspunkt 6' zusammen.

10 Figur 2b zeigt schematisch die sich daraus ergebenden optischen Leitungsabschnitte 1'-2', 2'-3', 3'-4', 4'-5', 5'-6', 7'-8', 9'-10'.

Figur 2c zeigt Prüfabschnitte der Anordnung gemäß Figur 2a für den ungestörten Fall.

20 Aus den obigen Regeln ergibt sich, daß ein Leitungsabschnitt zu mehreren Prüfabschnitten gehören kann, wie sich dies auch in der Figur 2c für den Leitungsabschnitt 3'-4' ergibt. Die Prüfabschnitte in Figur 2c sind die Leitungsabschnitte 1'-4', 3'-6', 7'-8' und 9'-10'. Die aktive Übertragung findet auf den Leitungsabschnitten 1'-2'-3'-4'-5'-6' statt. Die Leitungsabschnitte 7'-8' und 9'-10 stellen zunächst passive Ersatz-Leitungswege dar.

25 Wird durch Ausfall des Prüfsignals eine Störung auf dem Regel-Leitungs weg 1'-4' festgestellt, wird eine Umschaltung veranlaßt, die in Figur 3d dargestellt ist. Die Strecke 2'-3' wird passiv geschaltet und die aktive Übertragung findet nunmehr auf dem Ersatz-Leitungs weg 7'-8' vom Schaltungspunkt 1' zum Leitungspunkt 4' statt. Der andere Ersatz-Leitungs weg 30 9'-10' wird in diesem Fall nicht als Ersatz-Leitungs weg benötigt, also nicht aktiv gemacht. Die Prüfabschnitte laufen nun von 1' zu 4' über die Leitungspunkte 7' und 8' einerseits und von 8' über 4', 5' zum Leitungspunkt 6' andererseits. Ferner werden die passiven Wege 2'-3' und 9'-10' auf Erhalt bzw. 35 wiedererreichen der Funktionalität überprüft.

Aus Figur 2d wird deutlich, daß mit der vorliegenden Erfindung nur ein wirklich benötigter Ersatz-Leitungsweg aktiv geschaltet wird und daß diese Aktivschaltung durch die dargestellte Bildung von Prüfabschnitten und Überprüfung des Prüfsignals an den Enden der Prüfabschnitte erreicht wird. Der Vergleich der Figuren 2c und d verdeutlicht ferner, daß wiederum im Normalfall als Einsatzknoten fungierende Prüfsignal-knoten (LS7', LS8') als Durchgangsknoten geschaltet werden und daß ursprünglich als Durchgangsknoten geschaltete Prüfsignal-knoten LS2' als Einsatzknoten geschaltet werden, wenn eine Neukonfiguration, z.B. gemäß Figur 2d gegenüber Figur 2c, erforderlich wird. Für die auf überlappenden Prüfabschnitten liegenden Prüfsignal-knoten LS3', LS4' kann in einer Richtung eine Konfiguration als Durchgangsknoten und in der anderen 15 Richtung als Einsetzknoten erfolgen.

Durch die vorliegende Erfindung wird sichergestellt, daß eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg nur dann stattfindet, wenn eine solche Umschaltung auch sinnvoll sein kann. Wenn beispielsweise in der Konfiguration gemäß Figur 1a eine Störung auf dem Leitungsweg 2-3 festgestellt wird, wird der gesamte optische Pfad 1-6 unbrauchbar. Sollte anschließend noch eine Störung auf dem Leitungsweg 4-5 festgestellt werden, wäre eine Umschaltung auf den Ersatz-Leitungsweg 7-10 völlig sinnlos, da diese Umschaltung auch nicht zu einem benutzbaren optischen Pfad 1-6 führt. In vielen Konfigurationen wird der Ersatz-Leitungsweg 7-10 ganz oder teilweise für andere Zwecke benutzt, beispielsweise um eine Kommunikation mit einer geringeren Priorität durchzuführen oder die Sicherung eines anderen 30 Regel-Leitungsweges mit zu übernehmen (Shared Protection). Diese Zweitfunktion des Ersatz-Leitungsweges 7-10 müßte unterbrochen werden, wenn die Umschaltung vom Regel-Leitungsweg 4-5 auf den Ersatz-Leitungsweg 7-10 vorgenommen wird, obwohl hierdurch für die Übertragung auf dem optischen Pfad 1-6 nichts 35 gewonnen wird. Zur Vermeidung derartiger unnötiger Umschaltungen werden von den Prüfsignal-knoten LSX Prüfsignale wenigstens zweier Arten, gemäß einer bevorzugten und im folgenden näher

dargestellten Ausführungsform drei Arten von Prüfsignalen ausgesandt, nämlich

- LS-HOT z.B. als Bitmuster 1010
- LS-COLD z.B. als Bitmuster 0101
- LOLS alle anderen Bitmuster.

Die Prüfsignalknoten LSX sind ferner mit Prüfsignalempfängern ausgestattet, die einen Prüfsignal-Pegeldetektor beinhalten, so daß auch das Ausbleiben eines Prüfsignals - welcher Art auch immer - als ein eigener Zustand erkannt wird. Die Prüfsignalknoten LSX können daher empfangsseitig vier Zustände unterscheiden, nämlich "Prüfsignal nicht vorhanden" sowie "Prüfsignal empfangen", und zwar entsprechend der drei möglichen Arten des empfangenen Prüfsignals.

Die Ausnutzung der Prüfsignale für die Steuerung von Umschaltungen oder sonstiger Schutzmaßnahmen erfolgt erfindungsgemäß mit den nachstehend erläuterten Regeln.

Im fehlerfreien Zustand wird auf dem gesamten optischen Pfad das Prüfsignal LS-HOT übertragen. Wird innerhalb eines Leitungsabschnitts, beispielsweise Leitungsabschnitt 2-3 in Figur 1a, ein Fehler dadurch erkannt, daß beispielsweise der Prüfsignalknoten LS2 kein Prüfsignal mehr empfängt, beispielsweise bedingt durch eine Faserunterbrechung für die Übertragungsrichtung vom Prüfsignalknoten LS3 zum Prüfsignalknoten LS2, sendet der Prüfsignalknoten, der gemäß Figur 1c an sich als Durchgangsknoten konfiguriert ist, in beide Richtungen ein LOLS-Prüfsignal aus.

Wäre der Prüfsignalverlust auf dem Leitungsabschnitt 2-3 in der anderen Übertragungsrichtung aufgetreten, also vom Prüfsignalknoten LS3 erkannt worden, der als Einsetzknoten konfiguriert ist, würde dieser das LOLS-Prüfsignal nur in Rückrichtung, also in Richtung der Prüfsignalknoten LS2 und LS1 aussenden.

An den Enden des Leitungswegs 1-3, also an den Prüfsignalknoten LS1 und LS3 wird ein direkter Übergang vom Prüfsignal LS-HOT auf das Prüfsignal LOLS erkannt, so daß an diesen Stellen eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg vorgenommen werden könnte, wenn ein solcher Ersatz-Leitungsweg vorhanden wäre (wie dies im Falle des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 2a für den Regel-Leitungsweg 2'-3' durch den Ersatz-Leitungsweg 7'-8' gegeben ist).

Aufgrund der aufgetretenen Störung in dem Leitungsweg 2-3 in 10 dem in Figur 1a dargestellten Beispiel werden auf allen übrigen Leitungswegen 1-2, 4-5, 5-6 des optischen Pfades (die möglichen Ersatz-Leitungswägen 7-8, 9-10 sind in dieser Situation nicht angeschlossen und gehören somit nicht zum aktuellen optischen Pfad 1-6) Prüfsignale der zweiten Art LS-COLD übertragen. Würde nun beispielsweise durch den Prüfsignalknoten 15 5 aufgrund einer Störung der Verlust des Prüfsignals detektiert werden, käme es nicht zu einer Umschaltung auf den Ersatz-Leitungsweg 7-10, da die Umschaltung nur dann bewirkt wird, wenn 20 ein Übergang von dem Prüfsignal LS-HOT auf das Prüfsignal LOLS stattfindet, was aber wegen der Aussendung des Prüfsignals LS-COLD nicht zutreffen kann.

Die Aussendung des Prüfsignals LS-COLD, das somit eine Umschaltung auf Ersatz-Leitungswägen oder andere Schutzmaßnahmen 25 verhindert, kann auch von außen, beispielsweise von einem Koppeleknotenrechner, gesteuert werden, um im Falle einer vorhersehbaren kurzfristigen Störung nicht sinnvolle Umschaltreaktionen zu vermeiden. Dies ist beispielsweise sinnvoll, wenn in 30 einer bestehenden Netzkonfiguration ein neuer Übertragungsweg für Nutzsignale (beispielsweise ein neuer Wellenlängenkanal) aufgebaut oder ein bestehender Übertragungsweg abgebaut wird, da es hierbei zu einer kurzfristigen Störung von bestehenden Übertragungswegen kommen kann. Durch das Einspeisen der LS-COLD-Prüfsignale in den optischen Pfad werden eventuell vorhandene Ersatzwegergeschaltungen "eingefroren", bis der neue Betriebszustand sicher hergestellt ist. Dadurch können auch 35

5 "Kettenreaktionen" durch nacheinander erfolgende Umschaltungen vermieden werden. Ferner kann auch im Wartungsfall eine bestehende Netzkonfiguration "eingefroren" werden, ohne daß beispielweise von einem Zentralrechner konfigurierte Schutzmechanismen abgebaut werden müßten.

10 Figur 3 zeigt schematisch den Aufbau eines Prüfsignalknotens für ein bidirektionales Leitungsnetz, in dem für beide Übertragungsrichtungen getrennte Leitungsfasern vorgesehen sind. Der Prüfsignalknoten LSX weist zwei Anschlußseiten (E, O) für angeschlossene Leitungsabschnitte auf. Ein Prüfsignal von der Seite E wird von einem Prüfsignalempfänger EW empfangen. Zur Seite E kann ein Prüfsignal von einem Prüfsignalsender SW ausgesandt werden. Entsprechend sind für die Anschlußseite O ein Prüfsignalempfänger EO und ein Prüfsignalsender SO vorgesehen.

20 In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Prüfsignalknoten LSX ferner vier Eingänge von übergeordneten Steuerungen auf. Über einen Eingang SendW kann von außen ein vom Prüfsignalsender SW auszusendendes Prüfsignal eingegeben werden. Entsprechendes gilt für einen Eingang SendO, der von außen ein über den Prüfsignalsender SO auszusendendes Prüfsignal festlegt.

25 An einem weiteren Eingang LSTP, LSCP wird ein Konfigurationssignal für den Prüfsignalknoten LSX eingegeben, durch das festgelegt wird, ob der Prüfsignalknoten LSX als Durchgangsknoten (LSCP) oder als Einsetzknoten (LSTP) konfiguriert wird.

30 Ist der Prüfsignalknoten LSX ein Endknoten eines optischen Pfades (z.B. LS1 und LS6 in Figur 1a), wird er nur für eine Seite E oder O als Endknoten (LSIP) benötigt. Diese Konfiguration wird über einen Eingang LSIP gesteuert. Die vom Prüfsignalknoten LSX empfangenen Prüfsignale werden als Prüfsignalinformation über Ausgänge EmpfW, EmpfO an eine übergeordnete Steuerung, beispielsweise einen Koppelknotenrechner,

ausgegeben, so daß der Koppelknotenrechner Auswertungen zum Zwecke der Umschaltung auf Schutzmaßnahmen vornehmen kann, wobei auf EmpfO der schlechtere Zustand von SO und EO und auf EmpfW der schlechtere Zustand von SW und EW übermittelt werden.

5

10

Befindet sich der Prüfsignalknoten LSX in der Konfiguration als Durchgangsknoten (LSCP) werden die empfangenen Prüfsignale unverändert wieder ausgesandt (EW = SO; EO = SW). Lediglich wenn ein Prüfsignal nicht empfangen wird, beispielsweise am Prüfsignalempfänger EW, wird in beide Richtungen von den Prüfsignalsendern SO, SW das Signal LOLS ausgesandt.

20

25

30

Ist der Prüfsignalknoten LSX als Einsetzknoten (LSTP) konfiguriert, sendet er beim Ausfall des Empfangs eines Prüfsignals, beispielsweise am Prüfsignalempfänger EW nur in der entsprechenden Rückrichtung (SW) das Signal LOLS, in die andere Richtung hingegen regelmäßig das Signal (LS-COLD), es sei denn, durch ein Prüfsignal aus der anderen Richtung ist die Aussenfunktion eines schlechteren Prüfsignals (LOLS) indiziert. Der das vom Prüfsignalsender SW ausgesandte Signal LOLS erhaltende, als Einsetzknoten (LSCP) konfigurierte Prüfsignalknoten LSX am Ende des in der anderen Übertragungsrichtung gestörten Leitungswege sendet in W-Richtung beim Empfang von LOLS regelmäßig das Signal LS-COLD, so daß alle nicht von der Störung betroffenen Leitungswege das Signal LS-COLD in der Übertragungsrichtung W übertragen. Die Prüfsignalknoten LSX, die als Einsetzknoten (LSTP) ein Signal LS-COLD empfangen, senden in Gegenrichtung das Signal LS-HOT, wenn nicht der zugehörige Prüfsignalempfänger EW gleichzeitig einen Verlust eines Prüfsignals meldet, so daß der zugehörige Prüfsignalsender SO ein LS-COLD-Prüfsignal aussendet.

35

Aufgrund der Regel, daß in Rückrichtung der Prüfsignalsender SO bzw. SW grundsätzlich ein Prüfsignal höherer Ordnung (Ausfallprüfsignal = LOLS; LOLS = LS-COLD; LS-COLD = LS-HOT, sofern ein Endknoten (LSIP) vorliegt oder auf der Sendeseite LS-

HOT empfangen worden ist) erlaubt ein schnelles und automatisches Wiedereinschalten der Regel-Leitungswege nach der Durchführung einer Leitungsreparatur.

5 Figur 4 zeigt Ablaufdiagramme für die Erzeugung der über die Prüfsignalsender SO, SW auszusendenden Prüfsignale in Abhängigkeit von durch die Prüfsignalsender EW, EO empfangenen Prüfsignale.

10 Für einen Durchgangsknoten (LSCP) ist lediglich zu prüfen, ob einer der Prüfsignalempfänger EW oder EO einen Prüfsignalausfall ("off") meldet oder nicht. Ist ein Prüfsignalausfall festgestellt, wird in beiden Richtungen das Signal LOLS gesendet. Haben beide Prüfsignalempfänger EW, EO ein Prüfsignal empfangen, wird das empfangenen Prüfsignal unverändert wieder ausgesandt (SW = EO; SO = EW).

20 Ist hingegen der Prüfsignalknoten LSX ein Einsetzknoten (LSTP; ein Endknoten (LSIP) ist ein Unterfall eines Einsatzknotens (LSTP)), wird bei einem festgestellten Prüfsignalausfall (beispielsweise EW = off) in die Gegenrichtung das Signal LOLS (SW = LOLS) gesendet. Das gleiche gilt, wenn der Prüfsignalausfall durch den anderen Prüfsignalempfänger EO festgestellt ist. In diesem Fall wird das Prüfsignal LOLS von dem Prüfsignalsender 25 SO ausgesandt.

30 Wird ein Prüfsignal durch den Prüfsignalempfänger EW, EO empfangen und ist dieses Prüfsignal LOLS, wird in die Gegenrichtung gemäß der obigen Regel das Prüfsignal LS-COLD (SW = cold oder SO = cold) ausgesandt.

35 Ist das empfangene Prüfsignal nicht LOLS, kann es nur LS-COLD oder LS-HOT sein. Ist das Eingangssignal der anderen Seite LS-HOT oder der Prüfsignalknoten ein Endknoten (LSIP), wird in Gegenrichtung das Prüfsignal LS-HOT gesendet, andernfalls LS-COLD.

Die oben als Beispiel angegebenen Bitmuster für die Prüfsignale LS-HOT und LS-COLD haben den Vorteil, daß eine Verwechselung der beiden Prüfsignale nur schwer möglich ist.

5 Die Steuerung der Schutzmaßnahmen wird vorzugsweise so eingesetzt, daß im Zustand LS-HOT nur wenige andere Bitmuster (LOLS) ausreichen, um einen Alarm an den Steuerrechner abzusetzen. Im Zustand LS-COLD wird ein Alarm erst nach einer viel größeren Anzahl falsch empfangener Prüfsignal-Bitmuster gemeldet. Dadurch kann vermieden werden, daß im Zustand LS-COLD kurzzeitig auftretende Fehler zu einem Alarm in der Zentralsteuerung des Netzwerks führen.

10 Wird die Übertragungskapazität des Prüfsignalkanals hinreichend groß gewählt, z.B. zwei MBit/s, so können neben den hier beschriebenen Prüfsignalen auch andere Daten zur Steuerung und zur Überwachung unabhängig von den Prüfsignalen selbst übertragen werden.

20 Für das erfindungsgemäße Prüfsignalkonzept ist es nicht von Bedeutung, wieviele Wellenlängen beispielsweise im Wellenlängen-Multiplex gleichzeitig über eine Faser übertragen werden, da jedem Wellenlängenkanal ein eigenes Prüfsignal zugeordnet wird. Jede Wellenlänge ist somit mit einem eigenen Ersatz-Leitungsweg schützbar.

25 Die dargestellten Schutzmaßnahmen werden erfindungsgemäß lokal, beispielsweise durch die Koppelknotenrechner, gesteuert, so daß die zentrale Steuerung des Netzwerks und der Operator nicht an akuten Umschaltmaßnahmen beteiligt sind.

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von optischen Nutzsignalen in einer optischen Übertragungseinrichtung mit optischen Leitungswegen mit folgenden Merkmalen:

5 - Mittels Signalquellen (Tx) und Signalsenken (Rx) werden die optischen Nutzsignale in die Leitungswege eingekoppelt bzw. aus ihnen ausgekoppelt;

10 - wenigstens ein Teil der optischen Leitungswege werden als Regel-Leitungswege mit Koppelknoten (OCC) ausgebildet, über die eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg vorgenommen werden kann, wenn ein Regel-Leitungsweg gestört ist;

15 - neben den optischen Nutzsignalen werden abschnittsweise Prüfsignale bidirektional übertragen, deren Auswertung zur Umschaltung zwischen Leitungswegen benutzt wird;

20 - es sind wenigstens zwei Arten (LS-HOT, LS-COLD) von Prüfsignalen übertragbar, von denen eine erste Art (LS-HOT) als Indikator für einen intakten Leitungsweg und eine zweite Art (LS-COLD) als Indikator für einen gestörten Leitungsweg verwendet wird und

— eine etwaige Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungs-
weg wird nur vorgenommen, wenn vor der Detektion
einer Störung ein Prüfsignal der ersten Art (LS-HOT)
auf dem Regel-Leitungsweg übertragen worden war.

5 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Umschaltung dezen-
tral an den betroffenen Koppelknoten (OCC) vorgenommen
wird.

10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem an den Enden
jedes Leitungsabschnitts ein Prüfsignalknoten (LSX) vor-
gesehen wird, durch den Prüfsignale empfangen und neue
Prüfsignale gebildet und ausgesandt werden oder Prüf-
signale lediglich weitergeleitet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Prüfsignalknoten
(LSX) im wesentlichen gleich aufgebaut und durch Software
(LSCP), Einsetzknoten (LSTP) oder
Endknoten (LSIP) konfiguriert werden.

20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem aus
mehreren, aneinander anschließenden Leitungswegen ein
optischer Pfad zwischen zwei Signalquellen bzw. -senken
(TxRx) gebildet wird und bei einer erkannten Störung auf
einem Leitungsweg auf allen anderen Leitungswegen des
optischen Pfades ein Prüfsignal der zweiten Art (LS-COLD)
übermittelt wird.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem in
allen Prüfsignalknoten (LSX) auszusendende Prüfsignale in
Abhängigkeit von empfangenen Prüfsignalen gebildet wer-
den.

35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem in
den Prüfsignalknoten (LSX) Prüfsignale einer dritten Art
(LOLS) gebildet und ausgesandt werden, wenn an dem Prüf-

signalknoten (LSX) überhaupt kein Prüfsignal empfangen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg des Regel-Leitungsweges nur bei einem Übergang von dem Prüfsignal der ersten Art (LS-HOT) zum Prüfsignal der dritten Art (LOLS) vorgenommen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Aussendung von Prüfsignalen durch die Prüfsignalknoten (LSX) mit einer übergeordneten Steuerung beeinflußbar ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9, bei dem die Konfiguration der Prüfsignalknoten (LSX) über die übergeordnete Steuerung vorgenommen wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine Information (EmpfO, EmpfW) über die empfangenen Prüfsignale von den Prüfsignalknoten (LSX) an die übergeordnete Steuerung abgegeben wird.
12. ~~Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem als übergeordnete Steuerungen der dem Prüfsignalknoten (LSX) benachbarte Koppelknoten (OCC) verwendet werden.~~
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Übertragung der optischen Nutzsignale bidirektional erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem für die Übertragung der optischen Nutzsignale in den beiden Übertragungsrichtungen (O, E) separate optische Leitungsfasern verwendet werden.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem die Prüfsignale in den beiden Übertragungsrichtungen (O, E) zu-

sammen mit den in der betreffenden Richtung übertragenen Nutzsignalen erfolgen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem auf jedem Leitungsweg in jede Richtung (O, E) eine Mehrzahl von Nutzsignalen im Multiplex-Verfahren übermittelt werden und jedem übertragenen Nutzsignal ein eigenes Prüfsignal zugeordnet ist.

10 17. Optisches Leitungsnetzwerk mit folgenden Merkmalen:

- zwischen optischen Signalquellen/-senken (TxRx) sind optische Pfade angeordnet;
- die optischen Pfade bestehen aus aneinander anschließenden Leitungswegen;
- die Leitungswägen sind über Koppelknoten (OCC) miteinander verbunden;
- einige der Leitungswägen sind als Regel-Leitungswägen durch Umschaltung von Koppelknoten (OCC) auf Ersatz-Leitungswägen überbrückbar;
- alle Leitungswägen und ggf. als Teil der Leitungswägen bestehende Leitungsschnitte sind jeweils durch Prüfsignalknoten (LSX) begrenzt;
- die Prüfsignalknoten (LSX) weisen in beiden Leitungsrichtungen (O, E) Prüfsignalempfänger (EO, EW) und Prüfsignalsender (SO, SW) auf;
- die Prüfsignalknoten (LSX) sind mit einem Prüfsignalgenerator und einer Steuerung des Prüfsignalgenerators zur Erzeugung wenigstens zweier verschiedener Arten (LS-HOT, LS-COLD) von Prüfsignalen in

Abhängigkeit von dem durch die Prüfsignalempfänger (EO, EW) empfangenen Prüfsignale versehen;

5 - eine Steuerung für die Koppelknoten (OCC) ist zur Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg nur dann eingerichtet, wenn eine Störung eines Regel-Leitungswegs im Anschluß an eine bestimmte Art (LS-HOT) des Prüfsignals detektierbar ist.

10 18. Optisches Leitungsnetzwerk nach Anspruch 17, in dem die Steuerung Teil eines zugehörigen Koppelknotens (OCC) ist.

11 19. Optisches Leitungsnetzwerk nach Anspruch 17 oder 18, in dem die Prüfsignalknoten (LSX) im wesentlichen gleich aufgebaut und durch eine übergeordnete Steuerung als Durchgangsknoten (LSCP), Einsatzknoten (LSTP) oder Endknoten (LSIP) konfigurierbar sind.

20 20. Optisches Leitungsnetzwerk nach einem der Ansprüche 17 bis 19, in dem die Prüfsignalknoten (LSX) Signalverbindungen zu einer übergeordneten Steuerung aufweisen.

25 21. Optisches Leitungsnetzwerk nach Anspruch 20, in dem die Prüfsignalgeneratoren der Prüfsignalknoten (LSX) über die Signalverbindung durch die übergeordnete Steuerung steuerbar sind.

30 22. Optisches Leitungsnetzwerk nach einem der Ansprüche 17 bis 21, in dem der Prüfsignalgenerator des Prüfsignalknotens (LSX) zur Erzeugung von wenigstens einer dritten Art (LOLS) eines Prüfsignals eingerichtet ist.

35 23. Optisches Leitungsnetzwerk nach Anspruch 22, in dem die Steuerung des Prüfsignalknotens (LSX) zur Erzeugung und Aussendung des Prüfsignals der dritten Art (LOLS) für den Fall eingerichtet ist, daß eine Störung eines an dem

Prüfsignalknoten (LSX) endenden Leitungsabschnitts detektierbar ist.

24. Optisches Leitungsnetzwerk nach einem der Ansprüche 17 bis 23, in dem die Prüfsignalempfänger (EO, EW) der Prüfsignalknoten (LSX) mit einem Prüfsignalpegeldetektor ausgestattet sind, der ein Unterschreiten eines Pegels des Prüfsignals als eine Störung detektiert und ein Störungskennsignal generiert.

10 25. Optisches Leitungsnetzwerk nach Anspruch 24 mit einer Alarmgabeeeinrichtung, die durch das Störungskennsignal auslösbar ist.

R.33435

Zusammenfassung

Die Steuerung der Übertragung von optischen Nutzsignalen auf verschiedenen Leitungswegen einer optischen Übertragungseinrichtung erfolgt mit folgenden Merkmalen:

5 - Mittels Signalquellen (Tx) und Signalsenken (Rx) werden die optischen Nutzsignale in die Leitungswege eingekoppelt bzw. aus ihnen ausgekoppelt;

10 - wenigstens ein Teil der optischen Leitungswege werden als Regel-Leitungswege mit Koppelknoten (OCC) ausgebildet, über die eine Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg vorgenommen werden kann, wenn ein Regel-Leitungsweg gestört ist;

15 - neben den optischen Nutzsignalen werden abschnittsweise Prüfsignale bidirektional übertragen, deren Auswertung zur Umschaltung zwischen Leitungswegen benutzt wird;

20 - ~~es sind wenigstens zwei Arten (LS-HOT, LS-COLD) von Prüfsignalen übertragbar, von denen eine erste Art (LS-HOT) als Indikator für einen intakten Leitungsweg und eine zweite Art (LS-COLD) als Indikator für einen gestörten Leitungsweg verwendet wird und~~

25 - eine etwaige Umschaltung auf einen Ersatz-Leitungsweg wird nur vorgenommen, wenn vor der Detektion einer Störung ein Prüfsignal der ersten Art (LS-HOT) auf dem Regel-Leitungsweg übertragen worden war.

30 Dadurch werden eine dezentrale Umschaltung der Leitungswege ermöglicht und fruchtbare Umschaltungen, die zu keiner Verbesserung der Übertragung führen, vermeidbar.
(Figur 1)

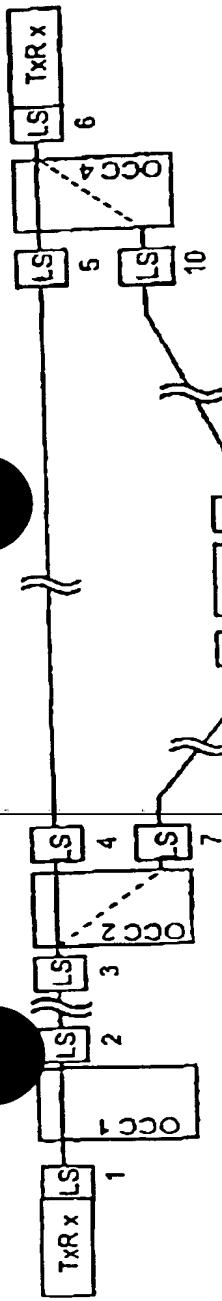


Fig. 1a

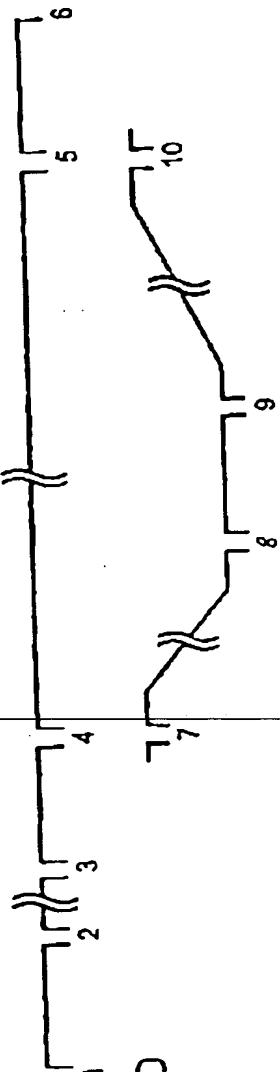


Fig. 1b

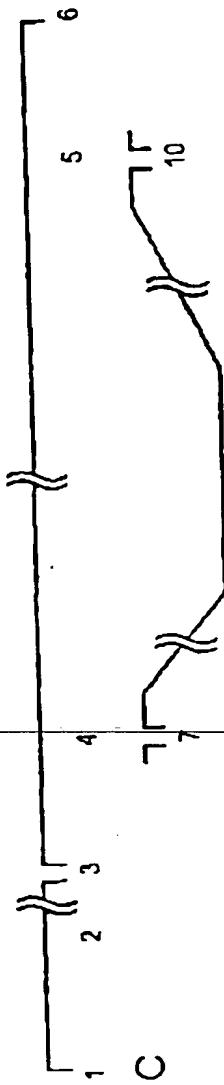


Fig. 1c

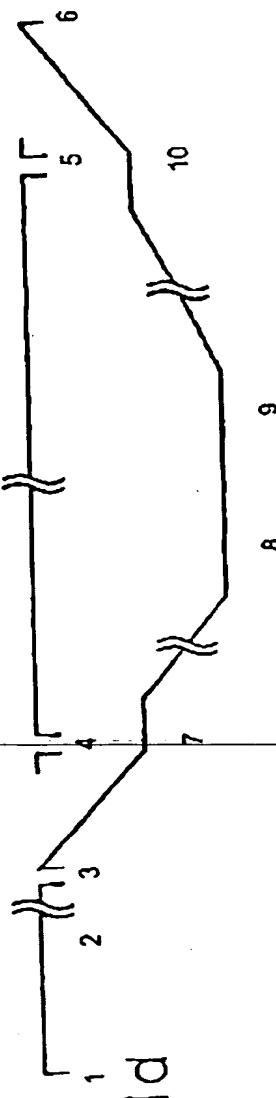


Fig. 1d

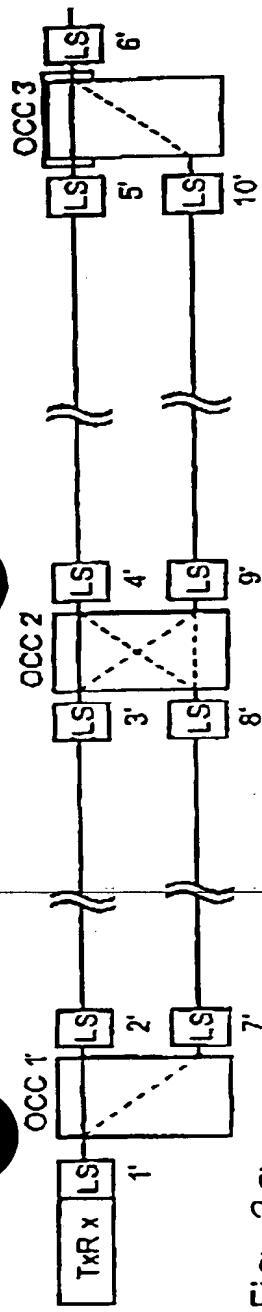


Fig. 2a

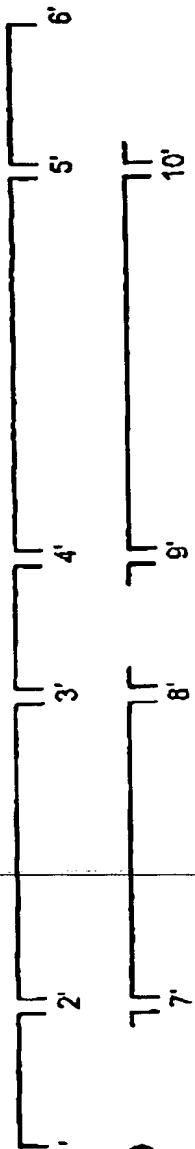


Fig. 2b

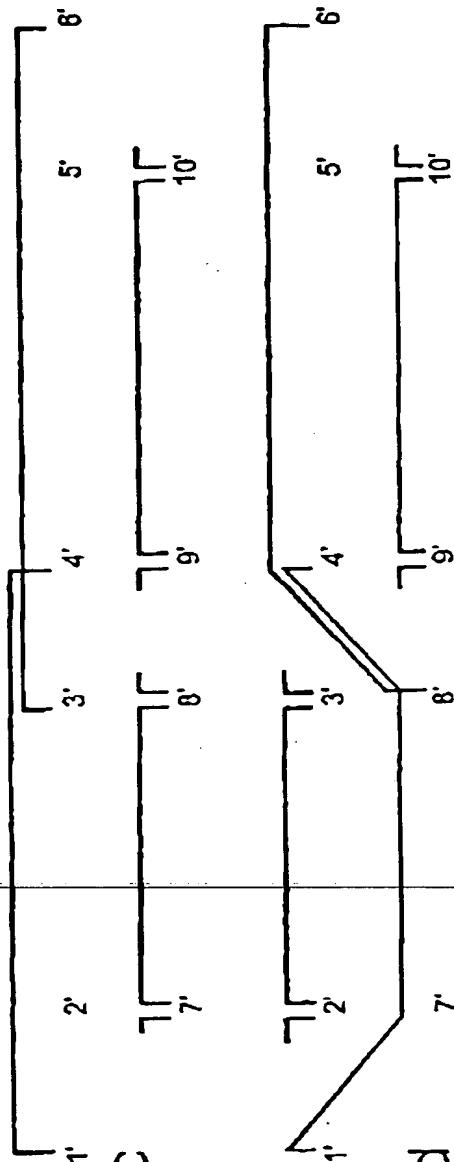
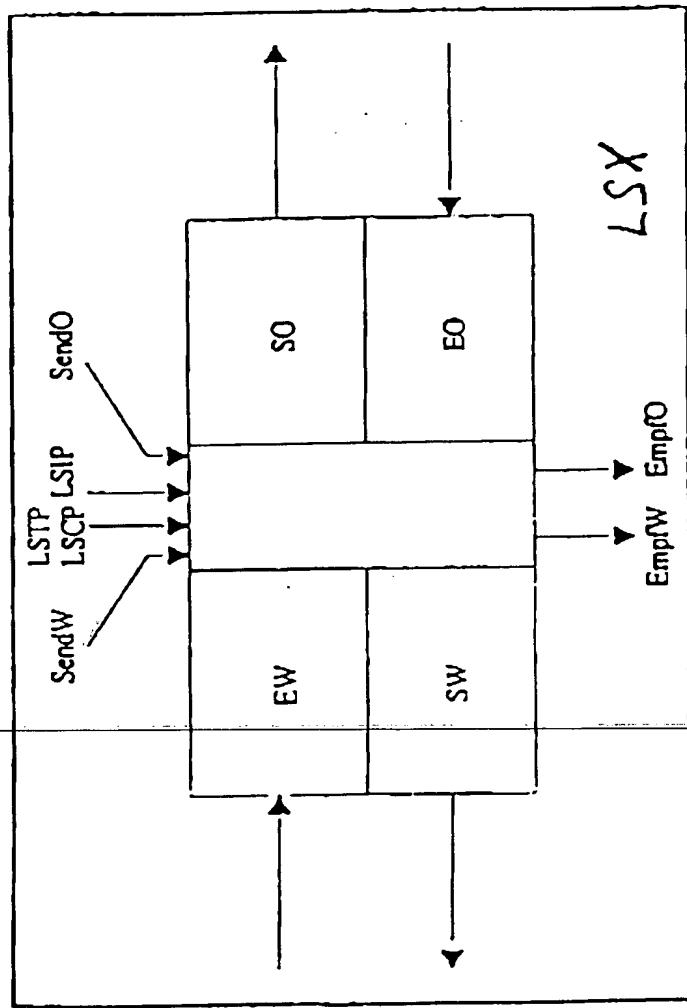


Fig. 2c

Fig. 2d



37

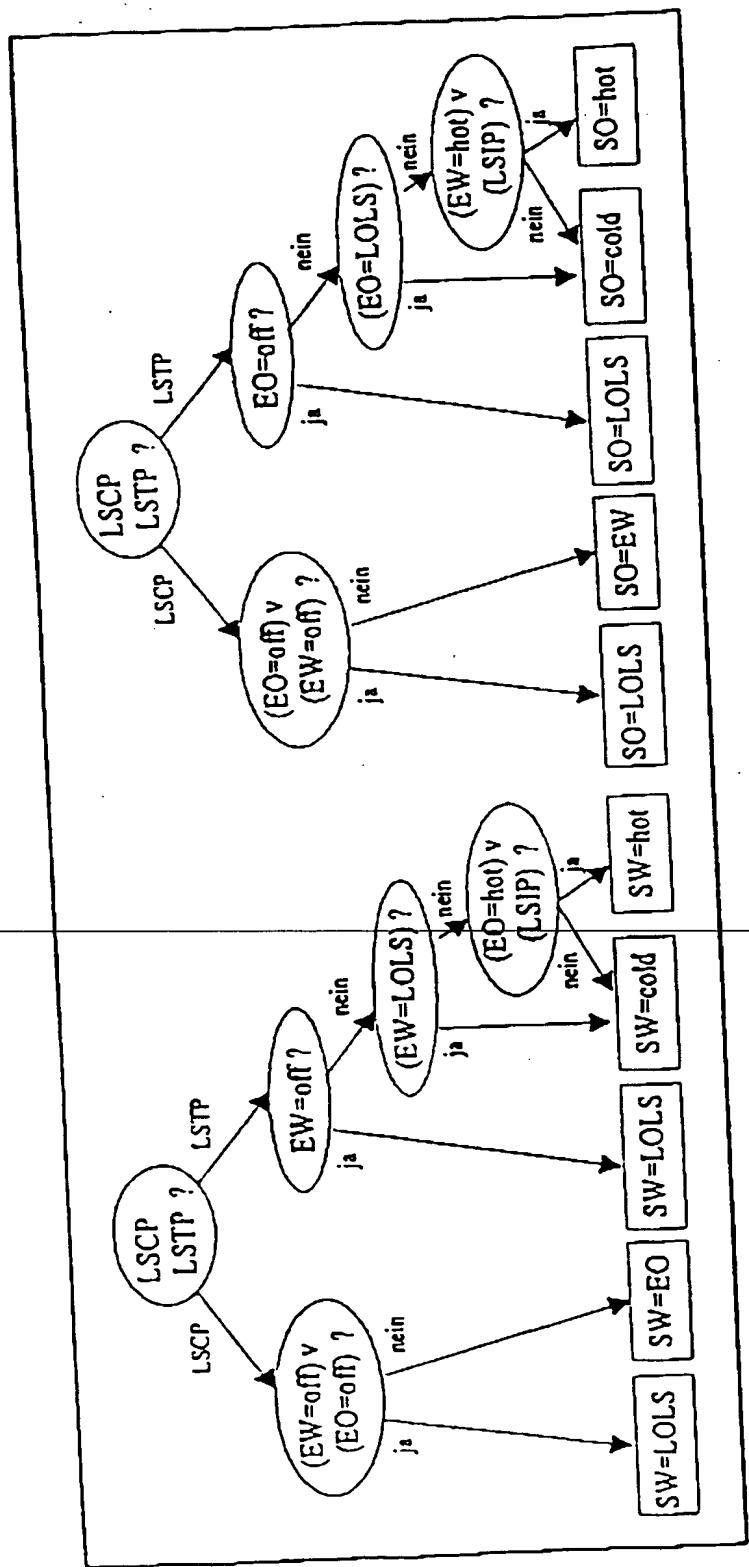


Fig. 4